



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Miki MORIYAMA et al.

Serial No.: 10/697,129

Filed: October 29, 2003

For: Semiconductor Radiation Detector Element

Examiner:

Group Art: 2811

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on

April 14, 2004
(Date of Deposit)

Thomas Langer

Name of applicant, assignee or Registered Representative

Thomas Langer
Signature

April 14, 2004
Date of Signature

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

LETTER TRANSMITTING PRIORITY DOCUMENT

In order to complete the claim to priority in the above-identified application under 35 U.S.C. §119, enclosed herewith is a certified copy of the foreign application on which the claim of priority is based: Japan on May 15, 2001, No. 2001-144313.

Respectfully submitted,
COHEN, PONTANI, LIEBERMAN & PAVANE

By *Thomas Langer*

Thomas Langer
Reg. No. 27,264
551 Fifth Avenue, Suite 1210
New York, N.Y. 10176
(212) 687-2770

April 14, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 1 年 5 月 1 5 日
Date of Application:

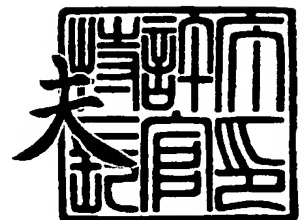
出 願 番 号 特 願 2 0 0 1 - 1 4 4 3 1 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 1 - 1 4 4 3 1 3]

出 願 人 株 式 会 社 ア ク ロ ラ ド
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 9 8 2 8 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 S5648

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 31/09
G01T 1/24

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科材料
工学教室内

【氏名】 守山 実希

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科材料
工学教室内

【氏名】 村上 正紀

【発明者】

【住所又は居所】 沖縄県具志川市字州崎 1 3 番地 2 3 株式会社アクロラ
ド内

【氏名】 喜屋武 篤史

【発明者】

【住所又は居所】 沖縄県具志川市字州崎 1 3 番地 2 3 株式会社アクロラ
ド内

【氏名】 大野 良一

【特許出願人】

【識別番号】 598050465

【氏名又は名称】 株式会社アクロラド

【代理人】

【識別番号】 100067677

【弁理士】

【氏名又は名称】 山本 彰司

【電話番号】 03-3561-5092

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015406

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体放射線検出素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カドミウムとテルルを主成分とする化合物半導体結晶に電圧を印加するための手段として、該化合物半導体結晶の一方の面にインジウムとカドミウムとテルルからなる化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ を有することを特徴とするショットキー障壁型半導体放射線検出素子。

【請求項 2】 インジウムとカドミウムとテルルからなるの化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ におけるテルルの占める割合 z が原子数比で42.9%以上50 %以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 記載のショットキー障壁型半導体放射線検出素子。

【請求項 3】 インジウムとカドミウムとテルルからなるの化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ におけるカドミウムの占める割合 y が原子数比で0%以上10%以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 記載のショットキー障壁型半導体放射線検出素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は核医学、放射線診断、原子力、天文学、宇宙線物理学等の分野で利用される化合物半導体放射線検出素子に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

一般に半導体放射線検出素子は入射放射線の電離作用によって検出素子内に生成された電荷を、両電極間に印加された電界によって掃引・収集し信号化するのである。したがって入射放射線に対する高いエネルギー分解能を得るために、生成した電荷を高い効率で収集することが重要である。

【0 0 0 3】

高い電荷収集率を得るためには、電荷キャリア（電子・正孔）の移動距離： $l = \mu \tau E$ （ただし、 μ ：キャリアの移動度、 τ ：キャリアの寿命、 E ：電極間の電界強度）が長いほど、つまり電界強度が大きいほど有利である。

【0 0 0 4】

一方全ての半導体放射線検出素子では、入射放射線のない場合においても印加電圧に応じた定常状態の漏れ電流が存在し、これがエネルギー分解能劣化の原因となるので、両電極間に印加できる電圧が制限される。

【0 0 0 5】

放射線検出素子用P型CdTe結晶の電氣的比抵抗は $\sim 10^9 \Omega \text{cm}$ 程度であり、対向する2つの面にオーミック電極を形成したMSM（金属電極－半導体－金属電極）型の半導体放射線検出素子では、電荷収集に十分なバイアス電圧を印加しようとした場合に漏れ電流の抑制が十分でなく、逆に漏れ電流を低減しようとしてバイアス電圧を下げると電荷収集が不十分となり満足の行くエネルギー分解能を得ることが出来ないという不都合があった。

【0 0 0 6】

このようなMSM型CdTe半導体放射線検出素子の弱点を克服するために、P型CdTe結晶との間にショットキー接触を形成するインジウム電極等を一方の面に、他方の面にオーミック接触を形成する金や白金電極等を設けたショットキー障壁型半導体放射線検出素子が用いられるようになってきた。

【0 0 0 7】

このショットキー障壁型放射線検出素子は優れた整流特性を示すため、逆方向電圧を印可することにより、高い電界強度においてもリーク電流を最低限に抑制することができ、優れたエネルギー分解能を示す。

【0 0 0 8】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述のような金属インジウムをショットキー障壁側の電極材料としたCdTe放射線検出素子は、バイアス電圧印加後、時間と共に電荷収集率が著しく劣化していくいわゆる偏極現象（ポーラリゼーション効果）がみられる。この現象は、陽極側のショットキー性または陰電極側のオーム接触性が完全でないためにバンド構造に歪みを生じ、結果として正孔が陰極へ到達する前に充満帯に閉じ込められ電子捕獲中心となることが原因と考えられている。即ち金属インジウムを電極材料としたショットキー障壁型CdTe放射線検出素子の場合、電圧印加直後は優れたエネルギー分解能を示すものの、時間経過とともにこの性能が劣化すると

いう問題があり、実用上の大きな障害になっていた。

【0009】

本発明は、このような従来の電極構成の有していた課題を解決しようとするものであり、適切な電極構造にすることによってポーラリゼーション効果の影響を受けにくいショットキー障壁型放射線検出素子を実現することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

そして、本発明は上記目的を達成するために、カドミウムとテルルを主成分とする化合物半導体結晶に電圧を印加するための手段として、該化合物半導体結晶の一方の面にインジウムとカドミウムとテルルの化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ を有するショットキー障壁型半導体放射線検出素子を作製したものである。

【0011】

さらに、上記化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ のテルルの占める割合 z が原子数比で42.9%以上50%以下の範囲であり、カドミウムの占める割合 y が原子数比で0%以上10%以下の範囲としたものである。

【0012】

【発明の効果】

上記の課題解決手段による効用は次のとおりである。すなわち $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ とCdTe化合物半導体との間にショットキー障壁性接合が形成され優れた整流特性を示す。つまり $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 側が高電位になるような向きに電圧を印可すると、漏れ電流を効果的に抑制しつつ高電荷収集率を実現し、結果としてエネルギー分解能に優れた放射線検出素子として動作することが出来る。

【0013】

このとき、インジウムとテルルの化合物である $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ のうち、テルルの占める割合 z を原子数比で42.9%以上50%以下の範囲とし、カドミウムの占める割合 y を原子数比で0%以上10%以下の範囲とすることによって、常温においても長時間に渡って電荷収集率をバイアス印加直後の高い水準に維持し、偏極現象の影響を受けにくい安定な動作を実現できる。これに対して $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ のテルルの占める

割合 z が原子数比で42.9%未満の場合または以上50%を超える場合、あるいはカドミウムの占める割合 y が原子数比で10%を超える場合は、バイアス印加後極短時間のうちに電荷収集率の低下をみる事等から不適當である。

【0014】

以上のように、本発明の半導体放射線検出素子は、従来のショットキー障壁型放射線検出素子において電荷収集効率が時間と共に劣化するいわゆるポーラリゼーション効果が数分から数十分という極短時間の間に発生するのに対して、室温において数時間に及ぶ安定動作を実現したものである。

【0015】

【発明の実施の形態】

CdTe半導体結晶ウェーハの一方の面にスパッタリング法等の製膜技術によって $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 薄膜のショットキー性接合を形成し、他方の面には白金等を用いてオーミック電極を形成する。この際、CdTeと $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ とによりショットキー接合が形成される。 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 層の表面にコンタクト材料としてアルミニウム等の金属薄膜を製膜してもよい。また、 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 薄膜を形成する方法はスパッタリングに限定されない。

【0016】

さらに、上記CdTe半導体結晶はこれのみに限定されず、カドミウムとテルルとを主成分とする化合物半導体結晶において、カドミウムの占める割合が原子数比で30%以上50%以下である化合物、例えばカドミウム亜鉛テルル($\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$)に置き換えることができる。

【0017】

電極形成後、ウェーハをダイシングによって適当な大きさのチップに分割する。

【0018】

【実施例1】

カドミウムとテルルを主成分とする化合物半導体結晶に電圧を印加するための手段として該化合物半導体結晶表面にインジウムとカドミウムとテルルの化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ を有することを特徴とするショットキー障壁型半導体放射線検出素子

の製法と本素子を用いた放射線エネルギースペクトル計測の例を示す。まず比抵抗 $10^9 \Omega \text{cm}$ の P 型 CdTe 半導体結晶ウェーハーの一方の面に、スパッタリングによってショットキー障壁形成面の電極として、テルルとカドミウムとインジウムの化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 層を形成し、また他方の面にはオーム性の電極として無電解メッキ法により白金電極を形成した(図 1)。尚、上記 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 層の組成を X 線回折法 (XRD) とエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) 等によって調査した結果、組成は $\text{In}_{49.5}\text{Cd}_{0.5}\text{Te}_{50}$ であった(図 2)。その後、電極がついたウェーハーを適当な大きさのチップに分割し、ショットキー障壁型半導体放射線検出素子を作製した。

【0 0 1 9】

図 3 にスペクトル計測の概略を示す。本図に示すように白金電極側 (陰極) は接地し、 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 電極側 (陽極) は高電圧電源及び、前置増幅器に接続した。

【0 0 2 0】

図 4 は上記の放射線エネルギースペクトルの ^{57}Co ガンマ線源に対する応答の経時変化を示したものである。ここでは ^{57}Co ガンマ線源から放出される光子エネルギーのうち特に、122keV 光電吸収ピークに対するピークチャンネルの経時変化をもって検出器特性劣化の評価を行った。本図から分かるように、本発明のショットキー障壁型 CdTe 放射線検出素子はバイアス電圧印加後の 180 分間、122keV 光電吸収事象に対し一定の応答を示した。即ち、本発明によるショットキー障壁型放射線検出器素子は室温において長時間に渡り安定な動作を実現している。

【0 0 2 1】

【実施例 2】

比抵抗 $10^9 \Omega \text{cm}$ の P 型 CdTe 半導体結晶ウェーハーの一方の面に、抵抗加熱蒸着によってショットキー障壁形成面の電極として、テルルとカドミウムとインジウムの化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 層を形成し、また他方の面にはオーム性の電極として無電解メッキにより白金電極を形成した(図 1)。尚上記 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 層の組成を X 線回折法 (XRD) とエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) によって調査した結果、組成は $\text{In}_{57.1}\text{Cd}_{0.9}\text{Te}_{42.9}(\text{In}_4\text{Te}_3)$ であった(図 2)。その後、このショットキー障壁型 CdTe 半導体放射線検出素子を用いて上記実施例 1 の場合と同様なスペクトロ

メータを構成し、単色放射線に対する応答を調べたところ、上記実施例 1 の場合と同様高電荷収集率と長時間に渡る安定な動作を示した。

【 0 0 2 2 】

【実施例 3】

比抵抗 $10^9 \Omega \text{cm}$ の P 型 CdTe 半導体結晶ウェーハの一方の面に、抵抗加熱蒸着によってショットキー障壁形成面の電極として、テルルとカドミウムとインジウムの化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 層を形成し、また他方の面にはオーム性の電極として無電解メッキにより白金電極を形成した(図 1)。尚上記 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ 層の組成を X 線回折法 (XRD) とエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) によって調査した結果、組成は $\text{In}_{56.6}\text{Cd}_{0.5}\text{Te}_{42.9}$ であった(図 2)。その後、このショットキー障壁型 CdTe 半導体放射線検出素子を用いて上記実施例 1 の場合と同様なスペクトル計測を実施し、単色放射線に対する応答を調べたところ、上記実施例 1 の場合と同様高電荷収集率と長時間に渡る安定な動作を示した。

【 0 0 2 3 】

【比較例 1】

CdTe 半導体結晶ウェーハの一方の面に、スパッタリング等によりインジウム層を製膜し、反対側には白金電極を形成した(図 5)。尚、上記インジウム層の元素組成を X 線回折法 (XRD) とエネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) 等によって調査した結果、この層は単体のインジウム ($\text{In}_{100}\text{Cd}_0\text{Te}_0$) であった(図 2)。この方法で製作された放射線検出素子は、実施例によるものと同様にショットキー性を示し高い電界を印可することが可能で、電荷収集率が高かった。しかし、この CdTe 放射線検出器の性能は、図 6 に示すように時間と共に劣化した。つまり、 ^{57}Co ガンマ線源から放出される 122keV の光子に対する光電吸収ピークチャンネルはバイアス印加後わずか 20 分から 30 分程度で下がり始め、50 分後には約 90% にまで低下し、経時的に安定した素子にならなかった。

【 0 0 2 4 】

【比較例 2】

CdTe 半導体結晶ウェーハの一方の面に、スパッタリング等の製膜技術によりテルルとカドミウムとインジウムの化合物のうち各構成元素の占める割合が In_{57}

$\text{.1Cd}_{0.5}\text{Te}_{42.4}$ である化合物の層を形成し（図2）、反対側には白金電極を形成した。この方法で製作された放射線検出素子は、実施例によるものと同様にショットキー性を示し高い電界を印可することが可能で、電荷収集効率が高かった。しかし、比較例1に示した放射線検出素子の場合と同様、時間と共に性能が劣化し経時的に安定した素子にならなかった。

【0025】

【比較例3】

CdTe半導体結晶ウェーハーの一方の面に、スパッタリング等の製膜技術によりテルルとカドミウムとインジウムの化合物のうち各構成元素の占める割合が $\text{In}_{42}\text{.9Cd}_{0}\text{Te}_{57.1}$ （即ち、 In_3Te_4 ）である化合物の層を形成し（図2）、反対側にはプラチナ電極を形成した。この方法で製作された放射線検出素子は、実施例によるものと同様にショットキー性を示し高い電界を印可することが可能で、電荷収集効率が高かった。しかし、比較例1に示した放射線検出素子の場合と同様、時間と共に性能が劣化し経時的に安定した素子にならなかった。

【0026】

【比較例4】

CdTe半導体結晶ウェーハーの一方の面に、スパッタリング等の製膜技術によりテルルとカドミウムとインジウムの化合物のうち各構成元素の占める割合が $\text{In}_{45}\text{.1Cd}_{12}\text{Te}_{42.9}$ である化合物の層を形成し（図2）、反対側にはプラチナ電極を形成した。この方法で製作された放射線検出素子は、実施例によるものと同様にショットキー性を示し高い電界を印可することが可能で、電荷収集効率が高かった。しかし、比較例1に示した放射線検出素子の場合と同様、時間と共に性能が劣化し経時的に安定した素子にならなかった。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の放射線検出素子の電極構造図である。

【図2】 各実施例・比較例における $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ の組成および本発明の範囲を示す図である。

【図3】 本発明の実施例を示す放射線検出素子を用いたスペクトル計測の概略図である。

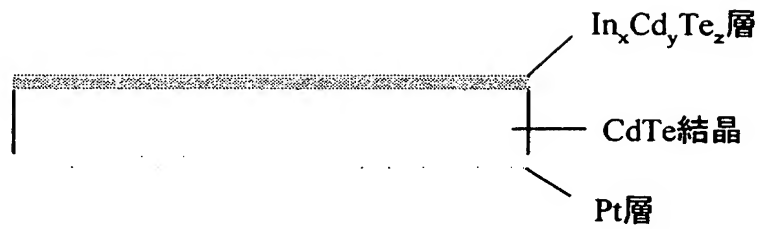
【図 4】 本発明の放射線検出素子の単色放射線に対する応答の経時変化を示す図である。

【図 5】 比較例を示す従来の放射線検出素子の電極構造および電極形成法の説明図である。

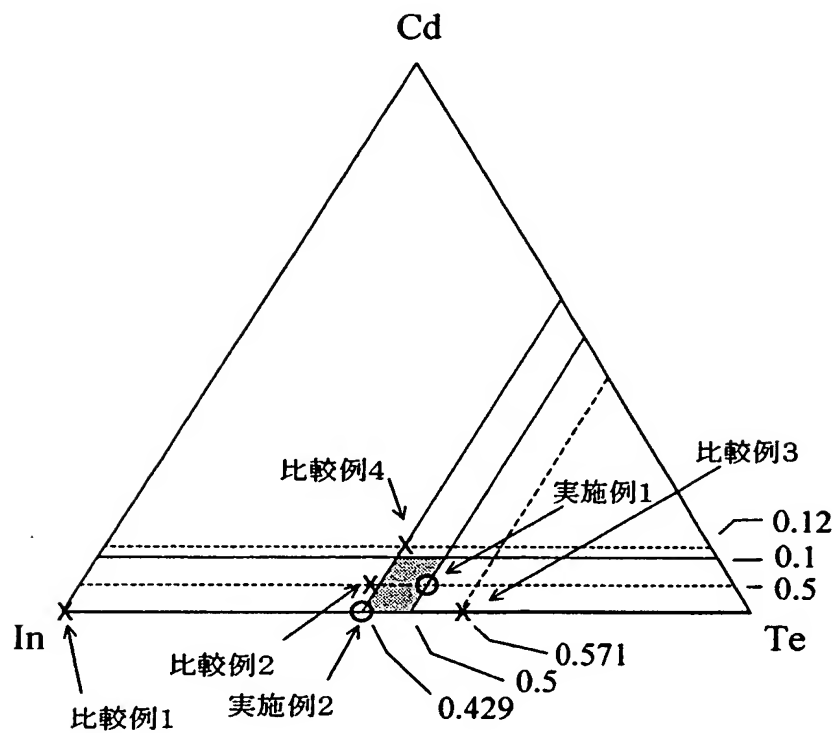
【図 6】 比較例の放射線検出素子の単色放射線に対する応答の経時変化を示す図である。

【書類名】 図面

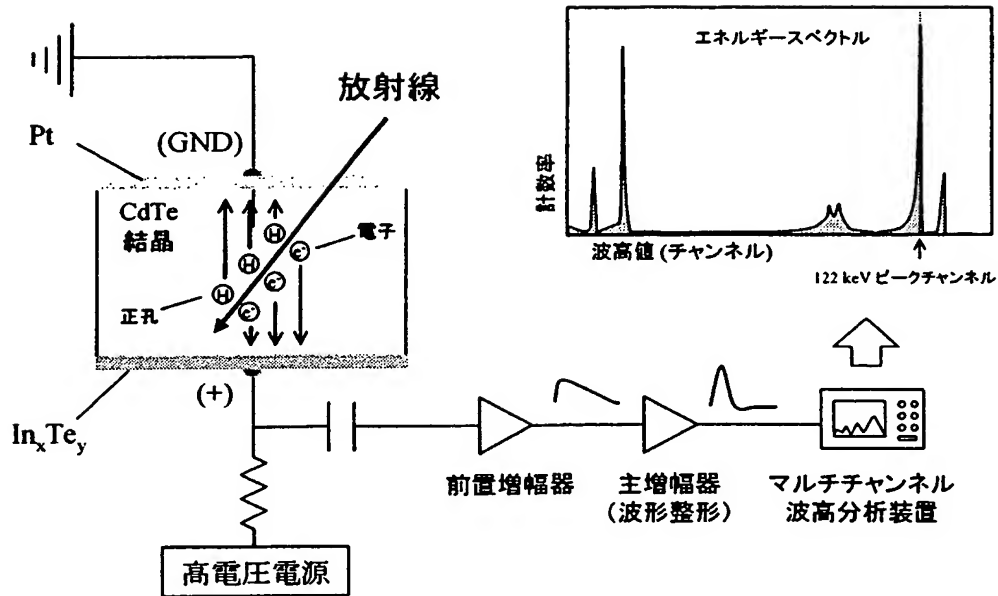
【図 1】



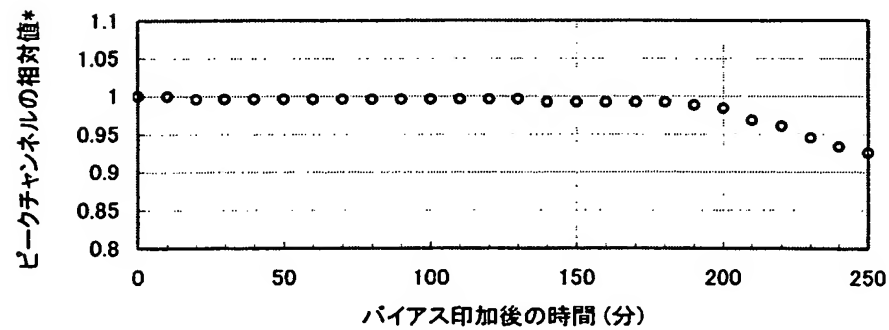
【図 2】



【図 3】

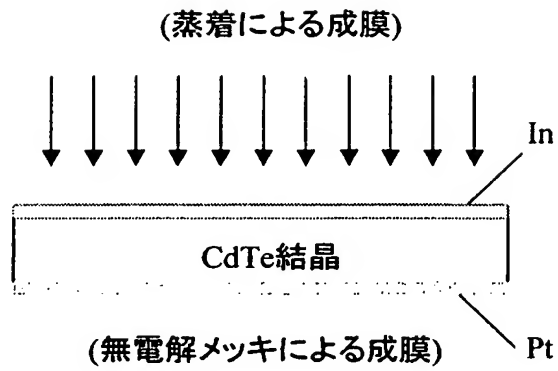


【図 4】

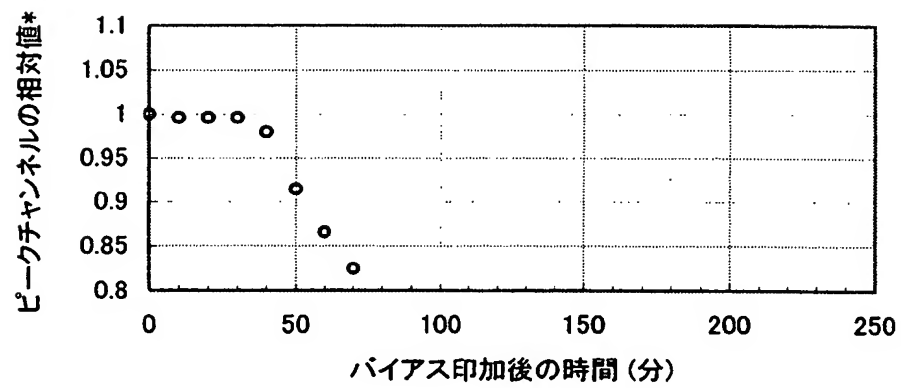


* バイアス印加直後(0 分)を 1 としたときの値

【図 5】



【図 6】



* バイアス印加直後(0 分)を 1 としたときの値

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ポーラリゼーション効果の影響を受けにくいショットキー障壁型半導体放射線検出素子を提供する。

【解決手段】 カドミウムとテルルを主成分とする化合物半導体結晶に電圧を印加するための手段として、該化合物半導体結晶の一方の面にインジウムとカドミウムとテルルからなる化合物 $\text{In}_x\text{Cd}_y\text{Te}_z$ を有することを特徴とするショットキー障壁型半導体放射線検出素子。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 1 4 4 3 1 3
受付番号	5 0 1 0 0 6 9 6 2 8 0
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 3 年 6 月 1 2 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成13年 5月15日
-------	-------------

次頁無

特願 2 0 0 1 - 1 4 4 3 1 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 8 0 5 0 4 6 5]

1. 変更年月日
[変更理由]

2 0 0 0 年 2 月 2 8 日

名称変更

住所変更

住 所
氏 名

沖縄県具志川市字州崎 1 3 番地 2 3
株式会社アクロラド